

# Vergleich reifebedingter Veränderungen verschiedener elektrochemischer und herkömmlicher Parameter bei Äpfeln der Sorte 'Golden Delicious' auf Spindelanlage und Zweiastr-Hecke

HERBERT KEPPEL

Institut für Obst- und Gartenbau, Universität für Bodenkultur  
1180 Wien, Gregor-Mendel-Straße 66  
Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark, Versuchsstation für Obst- und Weinbau Haidegg  
A-8047 Graz, Ragnitzstraße 193

*Es werden Ergebnisse von Untersuchungen verschiedener elektrochemischer und herkömmlicher reifeabhängiger Parameter bei Äpfeln der Sorte 'Golden Delicious' aus einer Spindelanlage auf 'M9' und aus einer Anlage mit Zweiastr-Hecke auf 'M7' vorgestellt. Die Reifeverlaufsbeobachtungen erfolgten im Jahr 1997 und umfassten bei der Spindelanlage neun Erntetermine (11. September bis 9. Oktober 1997) und bei der Anlage mit Zweiastr-Hecke zwölf Erntetermine (2. September bis 13. Oktober 1997). Das reifeabhängige Verhalten der einzelnen Parameter wird graphisch und in Signifikanztabellen dargestellt. Der elektrochemische P-Wert als Indikator für Stressfaktoren wies im Verlauf der Ernteperiode bei beiden Erziehungsformen zwei charakteristische Tiefpunkte in der Messreihe auf. Das erste Messwertminimum der P-Werte trat bei beiden Erziehungsformen zum gleichen Messtermin (16. September) auf, obwohl die Entfernung zwischen beiden Anlagen ca. 3,5 km (Luftlinie) beträgt. Das zweite Minimum der P-Werte fiel hingegen auf unterschiedliche Termine, diese können als Beginn des Fruchteigenstresses bezeichnet werden. Dieser Fruchteigenstress wird hypothetisch mit dem Zusammenfallen von Abbauprozessen und der beginnenden Geschmacksausbildung in der Frucht begründet. Bei der Zweiastr-Hecke auf mittelstarker Unterlage wurden der für die Ernte optimale F/RS-Wert und der tiefste P-Wert später erreicht als bei der Spidelerziehung. In der Phase nach dem zweiten P-Wert-Minimum wies die Zweiastr-Hecke durch höhere P-Werte gekennzeichnete raschere und intensivere innere elektrochemische Umsetzungsprozesse auf als die Spindel. Der reifeverzögernde Effekt der großen Baumerziehung auf mittelstarker Unterlage konnte somit mittels verschiedener Parameter bestätigt werden.*

**Comparison of ripening dependent changes of different electro-chemical and conventional parameters with apple trees of the cultivar 'Golden Delicious' trained as spindle and two-branch-hedge.** *Results of investigations of different electro-chemical and conventional ripening dependent parameters with apple trees of the cultivar 'Golden Delicious' trained as spindle (rootstock: 'M9') and two-branch-hedge (rootstock: 'M7') are introduced. The course of maturation in 1997 was observed at nine picking dates (September, 11<sup>th</sup>, to October, 9<sup>th</sup>) with the spindles and at twelve dates (September, 2<sup>nd</sup>, to October, 13<sup>th</sup>) with the two-branch-hedges. The ripening dependent behaviour of the several parameters is represented in figures and significance tables. The electro-chemical P-value as an indicator for stress factors had two characteristic minima during the harvesting period with both training systems. Although the two orchards are 3.5 km apart (air-line distance), the first minimum of the P-values appeared at the same date with both systems (September, 16<sup>th</sup>). The second minimum, however, was found at different dates. These can be seen as the beginning of self-induced fruit stress, which hypothetically is explained by the coincidence of degradation processes in the fruit and the beginning of flavour formation. With the two-branch-hedge on a medium-strong rootstock the optimum F/RS-value, the indicator for the optimum picking date, and the lowest P-value were reached later than with the spindle training system. Higher P-values during the phase after the second minimum of the P-value indicate quicker and more intense internal electro-chemical conversional processes with the*

*two-branch-hedge than with the spindle. Thus the ripeness retarding effect of the high training system with a medium-strong rootstock could be proved by means of several parameters.*

**Comparaison de modifications des différents paramètres électrochimiques et conventionnels relevant de la maturation des pommes de la variété 'Golden Delicious' cultivées dans des vergers en fuseau et en forme de haie à deux branches.** *Les résultats d'examens des différents paramètres électrochimiques et conventionnels relevant de la maturation des pommes de la variété 'Golden Delicious' provenant d'un verger en fuseau sur 'M9' et d'une plantation en haie à deux branches sur 'M7' sont présentés. Les observations du processus de maturation ont eu lieu en 1997, elles étaient réalisées sur neuf jours de vendange (entre le 11 septembre et le 9 octobre 1997) pour le verger en fuseau et, pour la haie à deux branches, sur douze jours de vendange (entre le 2 septembre et le 13 octobre 1997). La variation des paramètres individuels en fonction de la maturation est représentée sous forme de graphiques et de tableaux de signification. Pour les deux méthodes de conduite, la valeur électrochimique P en tant qu'indicateur des facteurs de stress présentait deux points bas caractéristiques au cours de la série de mesures. Le premier minimum des valeurs mesurées est apparu, pour les deux méthodes de conduite, à la même date de mesure (le 16 septembre), bien que la distance entre les deux plantations soit d'env. 3,5 km (à vol d'oiseau). En revanche, le deuxième minimum des valeurs P est apparu à des dates distinctes qui peuvent être désignées comme début du stress du fruit. Ce stress du fruit est expliqué hypothétiquement par la coïncidence des processus de dégradation et du début de la formation de la saveur du fruit. Dans le cas de la haie à deux branches sur un porte-greffe d'épaisseur moyenne, la valeur F/RS optimale pour le vendange et la valeur P la plus basse ont été atteintes plus tard que dans le cas de la méthode de conduite en fuseau. Pendant la phase suivant le deuxième minimum de la valeur P, la haie à deux branches a présenté des processus de transformation électrochimiques internes plus rapides et plus intenses que le fuseau. L'effet retardateur de la formation à haute tige sur un porte-greffe d'épaisseur moyenne sur la maturation a donc pu être confirmé sur la base des différents paramètres.*

Im Rahmen der Qualitätsobstproduktion und des Qualitätsmanagements für Äpfel ist die Ermittlung des optimalen Pflücktermins unabdinglich. STREIF, (1989 und 1991) hat mit seinem Reifeindex (F/RS-Wert) wesentliche Arbeit zur praktischen Ermittlung des optimalen Erntezeitpunktes geleistet. Dieser Reifeindex errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{F/RS-Wert} = \text{Fruchtfleischfestigkeit in kg/cm}^2 / \text{°Brix} \times \text{Stärkewert (STREIF, 1991)}$$

Der F/RS-Wert sollte nach LAFER, (1998) für Äpfel der Sorte 'Golden Delicious' unter steirischen Anbauverhältnissen bei 0,085 liegen. Weiters hat STREIF (1991) einen Vergleich zwischen P-Wert und einem anderen Reifeindex vorgestellt. Der letztgenannte Reifeindex weist im Gegensatz zum F/RS-Wert eine ansteigende Wertlinie auf. Weiterführende Arbeiten dazu sind dem Verfasser nicht bekannt.

Auf Grund der langjährigen eigenen Erfahrungen in der Ermittlung elektrochemischer Parameter (KEPPEL, 1996a, b und c; 1998; unveröff.) war es von Interesse, Untersuchungen über eventuelle reifebedingte Veränderungen elektrochemischer Parameter bei Äpfeln durchzuführen. Bei Früchten der Sorte 'Golden Delicious' aus einer Spindelanlage auf 'M9' des LVZST/VOW Haidegg und aus einer Anlage mit Zweiast-Hecke auf 'M7' eines Praktikerbetriebes wurden des-

halb während der Reifeperiode des Jahres 1997 Messungen durchgeführt.

## Material und Methoden

### Standorte

#### Spindelanlage

Sorte: 'Golden Delicious', Klon Haidegg; Unterlage: 'M9'; Pflanzabstand: 4,0 x 1,3 m; 9. Standjahr; Versuchspartellen der VOW Haidegg;

#### Zweiast-Hecke

Sorte: 'Golden Delicious' Klon B, Herkunft Schweiz; Unterlage: 'M7'; Pflanzabstand: 4,5 x 4,0 m; 19. Standjahr; privater Obstbaubetrieb mit ähnlicher Deklination wie die Anlage der VOW Haidegg; Entfernung der beiden Standorte: ca. 3,5 km Luftlinie

### Reifeverlaufsbeobachtungen

Die Reifeverlaufsbeobachtungen umfassten bei der Spindel neun Erntetermine (11. September bis 9. Oktober 1997) und bei der Zweiast-Hecke zwölf Erntetermine (2. September bis 13. Oktober 1997). Die Ernte der Früchte erfolgte meist zweimal wöchentlich von

den Spindelbäumen aus den gleichen Parzellen (eine Wiederholung = 1 Parzelle), bei der Zweiastr-Hecke von jeweils vier gleichen Bäumen. Je Wiederholung wurden drei Früchte geerntet, insgesamt wurden vier Wiederholungen je Anlage und Untersuchungstermin entnommen. Am darauf folgenden Tag erfolgte die messtechnische Erhebung der einzelnen Parameter.

### Messgeräte

Fruchtfleischfestigkeit: Mecmesin M1000E-Druckfestigkeitsprüfgerät mit elektrischem Antrieb

Saftgewinnung: Haushaltszentrifuge (Fa. Braun)

Gelöste Trockensubstanz (°Brix): Atago PT-1-Digital-Refraktometer

pH-Wert: WTW-pH-Meter pH 90

rH-Wert und elektrische Leitfähigkeit: Bioionostat (Fa. Lautenschläger)

Die Ermittlung des P-Wertes erfolgte nach der üblichen Formel (KEPPEL, 1996b und c) mit Temperaturkorrektur. Die Messwerte wurden auf Normalverteilung geprüft, Ausreißer und Extremwerte eliminiert und ein LSD-Test ( $\alpha = 0,05$ ) berechnet. Daher sind die beiden Minima der P-Wert-Kurven nicht so deutlich von den

anderen Messterminen abgehoben, wie dies bei der Skizzenerstellung aus den Urdaten ersichtlich wäre.

## Ergebnisse

### Spindelanlage

Die Untersuchungen der Früchte erfolgten während des Reifezeitraumes vom 11. September bis 9. Oktober 1997.

Die in Abbildung 1 dargestellten Parameter Fruchtfleischfestigkeit, °Brix und Stärkewert bei Äpfeln der Sorte 'Golden Delicious' (Spindelerziehung auf 'M9') zeigen einen einheitlichen Verlauf. Die Fruchtfleischfestigkeit zeigt in Reifeabhängigkeit die übliche sinkende Tendenz der Werte in  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Der niedrige Wert des Messtermins vom 6. Oktober kann als probenahmebedingter Ausreißer gedeutet werden. Die Brix-Werte streuen bei den Terminen vom 22. bis 29. September um jeweils ca. ein Grad, sind aber tendenziell steigend. Die Stärkeabbauwerte (10-Stufen-Skala) zeigen in Abhängigkeit von der Reife eine ansteigende Tendenz. Die aus den einzelnen Messwerten errechneten F/RS

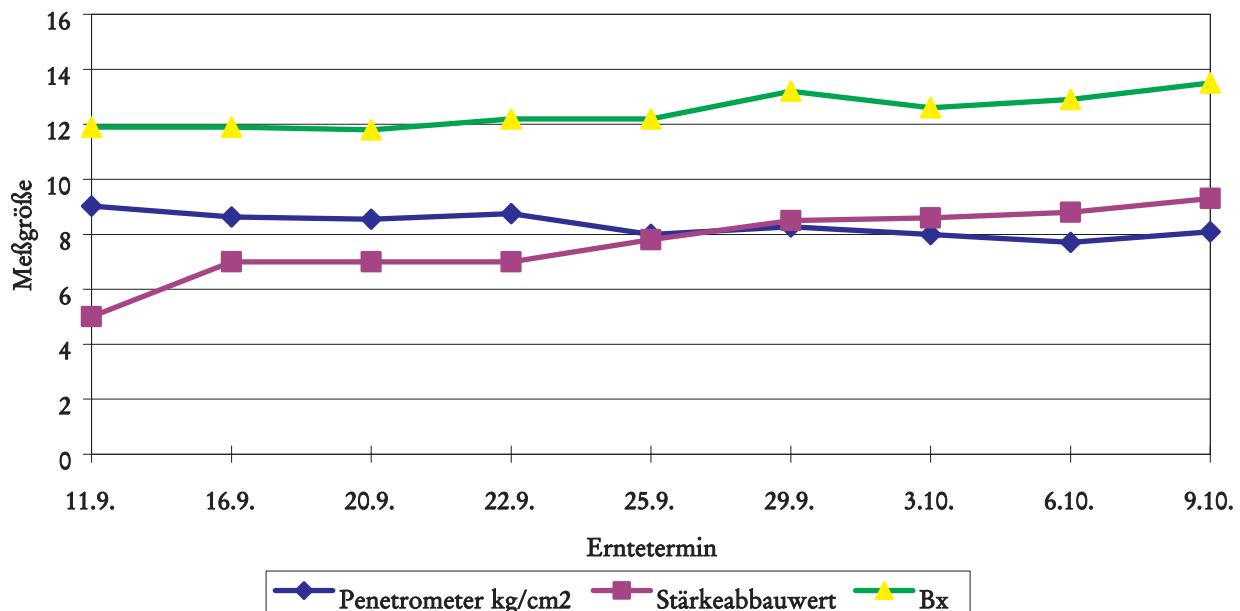


Abb. 1: Fruchtfleischfestigkeit, gelöste Trockensubstanz (°Brix) und Stärkewert bei Früchten der Sorte 'Golden Delicious' (Spindelanlage) im Verlauf des Jahres 1997

Werte weisen die größte Differenz der gesamten Messreihe zwischen dem 11. und dem 16. September auf. Im Hinblick auf den für 'Golden Delicious' geltenden Reifeindexwert von 0,085 wäre zwischen dem 22. und dem 25. September 1997 der optimale Pflückzeitpunkt erreicht gewesen. Der weitere Kurvenverlauf ergibt eine fallende Tendenz.

#### Statistische Auswertung (Signifikanztabellen)

In den Tabellen 1 bis 7 sind stellvertretend für die durchgeführten statistischen Analysen die Ergebnisse des LSD-Tests und des Homogenitätstests für die Penetrometerwerte (Tab. 1), die Stärkewerte (Tab. 2), die Gehalte an löslicher Trockensubstanz (Tab. 3), die Gehalte an titrierbaren Säuren (Tab. 4), die Redoxwerte

Tabelle 1:

Penetrometerwerte in kg/cm<sup>2</sup>

Homogenitätstest

Gruppe 1 = 6. 10., 3. 10., 25. 9., 9. 10., 29. 9.

Gruppe 2 = 3. 10., 25. 9., 9. 10., 29. 9., 20. 9., 16. 9.

Gruppe 3 = 29. 9., 20. 9., 16. 9., 22. 9.

Gruppe 4 = 20. 9., 16. 9., 22. 9., 11. 9.

kg/cm <sup>2</sup>	Ernte-termin	6. 10.	3. 10.	25. 9.	9. 10.	29. 9.
7,7	6. 10.					
8	3. 10.					
8	25. 9.					
8,1	9. 10.					
8,3	29. 9.					
8,6	20. 9.	X				
8,6	16. 9.	X				
8,8	22. 9.	X	X	X	X	
9	11. 9.	X	X	X	X	X

(= rH-Wert) (Tab. 5), die elektrische Leitfähigkeit (Tab. 6) und die P-Werte (Tab. 7) bei der Spindelanlage dargestellt. Das Symbol X kennzeichnet dabei einen signifikanten Unterschied ( $\alpha = 0,05$ ) zwischen den einzelnen Ernteterminen.

#### pH-Wert

Die Ernteterminen 29. 9., 2. 9., 11. 9. und 16. 9. weisen einen pH-Wert von 3,3, alle anderen von 3,4 auf. Somit waren keine signifikanten Unterschiede bzw. reifeabhängigen Veränderungen erkennbar.

Die elektrische Leitfähigkeit zeigt im Verlauf der Reife ansteigende Werte, die auf Umsetzungen der Inhalts-

Tabelle 2:

Stärkewert (10-stufige Skala)

Stärke-wert	Ernte-termin	1	2	3	4	5	6	7	8
5	11. 9.								
7	16. 9.	X							
7	20. 9.	X							
7	22. 9.	X							
7,8	25. 9.	X	X	X	X				
8,5	29. 9.	X	X	X	X	X			
8,6	3. 10.	X	X	X	X	X			
8,8	6. 10.	X	X	X	X	X			
9,3	9. 10.	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabelle 3:

Gelöste Trockensubstanz (°Bx)

Homogenitätstest

Gruppe 1 = 20. 9., 11. 9., 16. 9., 25. 9., 22. 9.

Gruppe 2 = 11. 9., 16. 9., 25. 9., 22. 9., 3. 10.

Gruppe 3 = 22. 9., 3. 10., 6. 10.

Gruppe 4 = 3. 10., 6. 10., 29. 9.

Gruppe 5 = 6. 10., 29. 9., 9. 10.

Bx	Ernte-termin	20. 9.	11. 9.	16. 9.	25. 9.	22. 9.	3. 10.	6. 10.
11,8	20. 9.							
11,9	11. 9.							
11,9	16. 9.							
12,2	25. 9.							
12,2	22. 9.							
12,6	3. 10.	X						
12,9	6. 10.	X	X	X	X			
13,2	29. 9.	X	X	X	X	X		
13,5	9. 10.	X	X	X	X	X	X	

stoffe in der Frucht hinweisen. Die Streuung der Werte zwischen den einzelnen Terminen ist noch nicht erklärbar.

#### P-Wert

Der P-Wert zeigt im Reifeverlauf wie der F/RS-Wert zwischen dem ersten und dem zweiten Untersuchungstermin die größte Abnahme auf. Der P-Wert allein steigt dann zum nächsten Erntetermin (20. 9.) steil an, um dort das Maximum innerhalb der Messreihe zu erreichen. Nach dem 20. 9. beginnt anfangs ein Sinken

Tabelle 4:

Gehalte an titrierbaren Säuren in g/l (ber. als Weinsäure)

Homogenitätstest

Gruppe 1 = 3. 10., 25. 9., 9. 10., 6. 10., 22. 9., 16. 9., 29. 9.

Weinsäure (g/l)	Ernte-termin	3. 10.	25. 9.	9. 10.
5,6	3. 10.			
5,7	25. 9.			
5,8	9. 10.			
5,9	6. 10.			
5,9	22. 9.			
6	16. 9.			
6,2	29. 9.			
6,4	11. 9.	X	X	X
6,4	20. 9.	X	X	X

Tabelle 5:

Redox-Potenzial (rH-Wert)

Homogenitätstest

Gruppe 1 = 29.9., 16.9., 3.10., 25.9.

Gruppe 2 = 16.9., 3.10., 25.9., 6. 10.

Gruppe 3 = 25.9., 6.10., 9.10.

Gruppe 4 = 6. 10., 9. 10., 22. 9.

Gruppe 5 = 9. 10., 22. 9., 20. 9., 11. 9.

rH-Wert	Ernte-termin	29. 9.	16. 9.	3. 10.	25. 9.	6. 10.	9. 10.
17,7	29. 9.						
18,5	16. 9.						
18,6	3. 10.						
19	25. 9.						
20	6. 10.	X					
20,7	9. 10.	X	X	X			
20,8	22. 9.	X	X	X	X		
22,1	20. 9.	X	X	X	X	X	
22,1	11. 9.	X	X	X	X	X	

der P-Werte um rund 140 Mikrowatt, welches sich zwischen dem 22. und 29. September auf 130 Mikrowatt vermindert. Ab dem 29. September beginnt wiederum ein Ansteigen der Werte, welches auf die beginnenden Reifeveränderungen in der Frucht zurückzuführen ist. Der F/RS-Wert weist in seiner zeitlichen Abfolge eine

Tabelle 6:

Elektrische Leitfähigkeit (Ohm)

Ohm	Ernte-termin	11. 9.	20. 9.	3. 10.	6. 10.
410	11. 9.				
411	20. 9.				
420	3. 10.				
443	6. 10.	X	X	X	
459	29. 9.	X	X	X	
463	22. 9.	X	X	X	
468	16. 9.	X	X	X	X
474	9. 10.	X	X	X	X
484	29. 9.	X	X	X	X

Tabelle 7:

P-Wert (Mikrowatt)

P-Wert	Ernte-termin	29. 9.	16. 9.	25. 9.	3. 10.	22. 9.	6. 10.	9. 10.
256	29. 9.							
287	16. 9.							
318	25. 9.							
333	3. 10.							
384	22. 9.	X						
387	6. 10.	X						
396	9. 10.	X	X					
496	11. 9.	X	X	X	X	X	X	
525	20. 9.	X	X	X	X	X	X	X

sinkende Tendenz auf, wobei zwischen dem 16. und dem 22. September nur eine geringe Wertevariabilität zu verzeichnen ist. Der P-Wert zeigt, wie oben angeführt, zwei charakteristische Tiefpunkte, und zwar zum zweiten und zum sechsten Erntetermin. Im Laufe vor dieser Untersuchung vorgenommener langjähriger Beobachtungen zeigte sich bereits mehrfach ein ähnliches Verhalten dieser Kennzahl (siehe auch Ergebnisse der Zweist-Hecke).

Der zweite Tiefpunkt in der Ergebnisreihe weist auf eine physiologische Veränderung in der Frucht hin. Er könnte mit dem Beginnen der Geschmacksausbildung zusammenhängen. Im Sinne der P-Wert-Hypothese, wonach zunehmende P-Werte steigenden Stress bedeuten, kann auf den Beginn eines inneren Abbaus bzw. auf spezielle Umsetzungsprozesse in der Frucht ge-

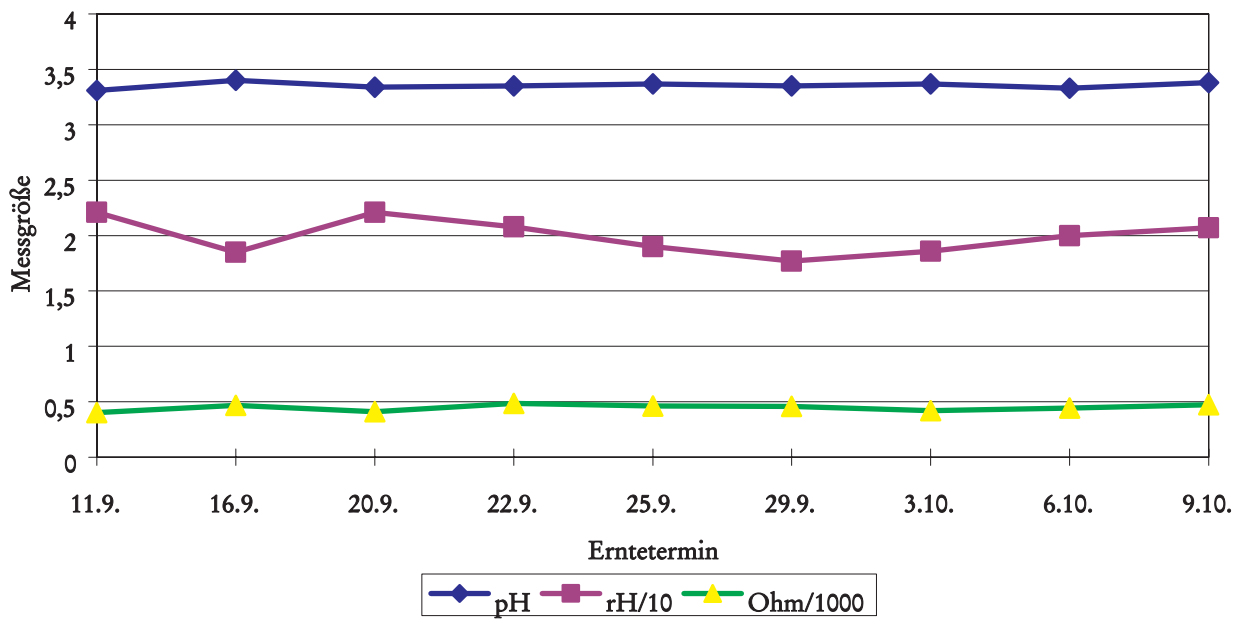


Abb. 2: Elektrochemische Parameter im Reifeverlauf 1997, 'Golden Delicious' (Spindelanlage auf 'M9')

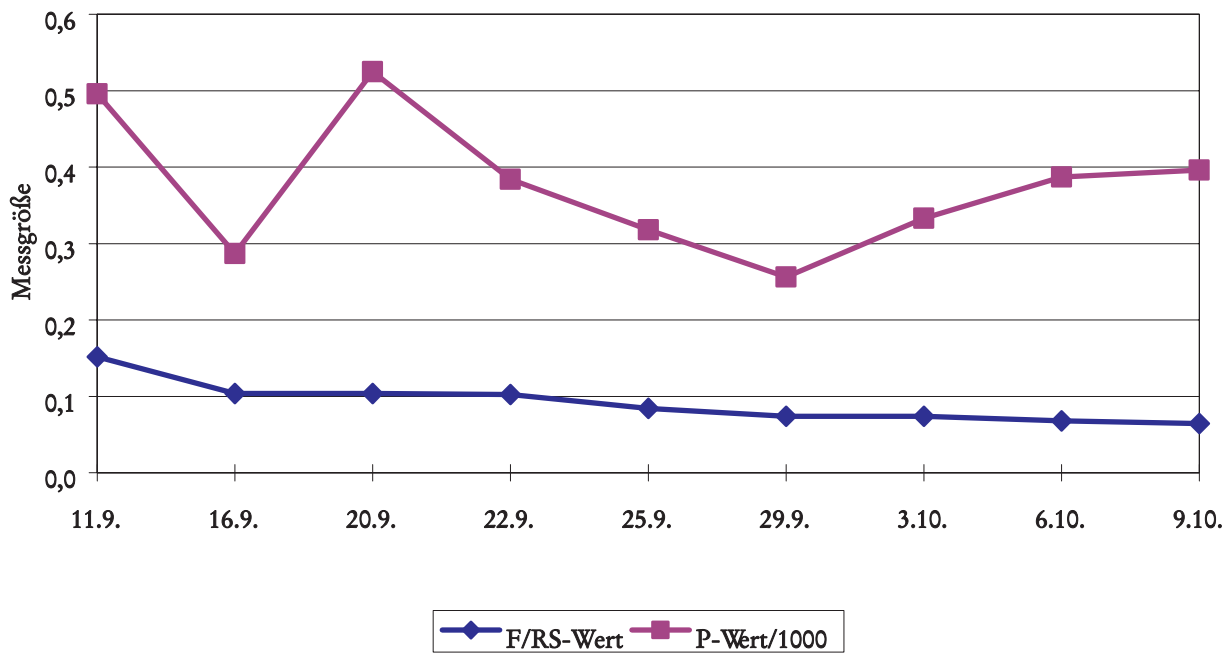


Abb. 3: F/RS-Wert versus P-Wert/1000 bei 'Golden Delicious' (Spindelanlage auf 'M9') im Jahr 1997

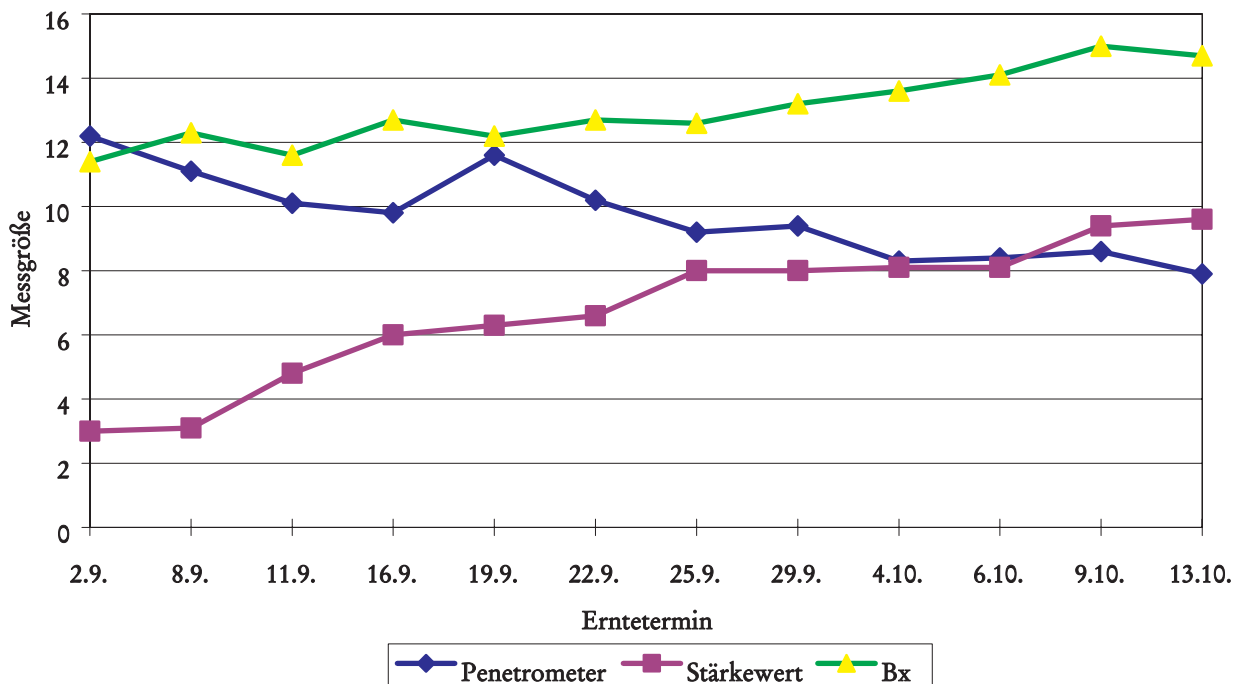


Abb. 4: Fruchtfleischfestigkeit, gelöste Trockensubstanz (°Brix) und Stärkewert bei Früchten der Sorte 'Golden Delicious' (Zweiast-Hecke) im Verlauf des Jahres 1997

geschlossen werden, die sich als Stress manifestieren (STREIF, 1989). Vorangegangene und teilweise noch nicht veröffentlichte Ergebnisse (KEPPEL, 1998; unveröff.) weisen darauf hin, dass die P-Werte (der fruchtinterne Stress) mit zunehmendem Reifezustand steigen. Dies geht auch aus bereits veröffentlichten Berichten des Verfassers deutlich hervor (KEPPEL, 1996b und c).

Entsprechend dem P-Wert ergibt sich aber ein späteres Datum (29. 9.) für den optimalen Erntetermin als bei dem bisher verwendeten Reifekriterium, dem F/RS-Wert (25. 9.). Zum entsprechend den optimalen P-Werten festgelegten Erntetermin weisen die Früchte eine etwas bessere geschmackliche Ausbildung auf als exakt beim optimalen F/RS-Wert geerntete Früchte. Beobachtungen hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf Haltbarkeit und "shelf-life" liegen noch nicht vor.

### Zweiast-Hecke

Die Untersuchungen der Früchte erfolgten während des Reifezeitraumes vom 2. September bis 13. Oktober 1997 (Abb. 4).

Die einzelnen Parameter verlaufen in der von der Spindel her bekannten Tendenz; der Stärkeabbauwert und

die Werte der gelösten Trockensubstanz (°Brix) zeigen steigende, die Werte der Fruchtfleischfestigkeit fallende Tendenz. Im Gegensatz zur Spindel muss festgestellt werden, dass sich die Werte des Stärkeabbaus nur in der probenbedingten Variabilität vom 25. September bis 6. Oktober 1997 ändern. Die Brixwerte steigen bei der Zweiast-Hecke höher an als bei der Spindel, die Fruchtfleischfestigkeit ist bei der Zweiast-Hecke zum vergleichbaren Messtermin des 11. September um mehr als  $1 \text{ kg/cm}^2$  höher und bleibt bis zum letzten Erntetermin höher als bei der Spindel.

### Statistische Auswertung (Signifikanztabellen)

In den Tabellen 8 bis 14 sind stellvertretend für die durchgeführten statistischen Analysen die Ergebnisse der LSD-Tests und der Homogenitätstests für die Penetrometerwerte (Tab. 8), die Stärkewerte (Tab. 9), die Gehalte an gelöster Trockensubstanz (Tab. 10), die Gehalte an titrierbaren Säuren (Tab. 11), die Redoxwerte (rH-Wert) (Tab. 12), die elektrische Leitfähigkeit (Tab. 13) und die P-Werte (Tab. 14) bei der Zweiast-Hecke dargestellt. Das Symbol X kennzeichnet dabei einen signifikanten Unterschied ( $\alpha = 0,05$ ) zwischen den einzelnen Ernteterminen.

Tabelle 8:  
Penetrometerwerte in kg/cm<sup>2</sup>

kg/cm <sup>2</sup>	Ernte-termin	13. 10.	4. 10.	6. 10.	9. 10.	25. 9.	29. 9.	16. 9.	11. 9.	22. 9.	19. 9.	8. 9.
7,9	13. 10.											
8,3	4. 10.											
8,4	6. 10.											
8,6	9. 10.											
9,2	25. 9.	X	X									
9,4	29. 9.	X	X	X								
9,8	16. 9.	X	X	X	X							
10,1	11. 9.	X	X	X	X	X						
10,2	22. 9.	X	X	X	X	X						
10,6	19. 9.	X	X	X	X	X	X					
11,1	8. 9.	X	X	X	X	X	X	X	X			
12,2	2. 9.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabelle 9:  
Stärkewert (10-stufige Skala)

Stärke-wert	Ernte-termin	2. 9.	8. 9.	11. 9.	16. 9.	22. 9.	25. 9.	29. 9.	4. 10.	6. 10.	9. 10.
3	2. 9.										
3,1	8. 9.										
4,8	11. 9.	X	X								
6	19. 9.	X	X	X							
6,3	22. 9.	X	X	X							
6,6	16. 9.	X	X	X	X						
8	29. 9.	X	X	X	X	X	X				
8	4. 10.	X	X	X	X	X	X				
8,1	6. 10.	X	X	X	X	X	X				
8,1	25. 9.	X	X	X	X	X	X				
9,4	13. 10.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9,6	9. 10.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Der für die Steiermark von LAFER, (1998) festgelegte F/RS-Wert von 0,085 wurde bei der Zweiast-Hecke unter der Berücksichtigung der Probenvariabilität um den 1. Oktober 1997, also später als bei der Spindel erreicht. Trotz des homogenen Probenmaterials sind wegen der großen Streuung der Einzelwerte keine signifikanten Unterschiede erkennbar. Für eine Reifezustandsschätzung ist daher der Säuregehalt kein geeigneter Parameter (Abb. 5).

Der pH-Wert weicht nur beim Erntetermin 16. September mit einem Wert von 3,4 um ein Zehntel von allen anderen Messterminen ab. Die rH-Werte zeigen einen ähnlichen Kurvenverlauf wie der P-Wert. Die elektrische Leitfähigkeit zeigt mit zunehmender Reife ansteigende Tendenz.

#### pH-Wert

Es sind keine Signifikanzen vorhanden und keine reife-abhängigen Veränderungen ersichtlich.



Tabelle 10:

Gelöste Trockensubstanz (°Bx)

Homogenitätstest:

Gruppe 1=19. 9., 8. 9. ; Gruppe 2 = 8. 9.,25. 8., 16. 9., 11. 9. ; Gruppe 3 = 25. 8., 16. 9., 11. 9.,6. 10.

Gruppe 4 = 16. 9., 11. 9., 6. 10., 29. 9., 22. 9. ; Gruppe 5 = 6. 10., 29. 8., 22. 9., 4. 10., 13. 10., 9. 10.

°Bx	Ernte-termin	2. 9.	11. 9.	19. 9.	8. 9.	25. 9.	22. 9.	16. 9.	29. 9.	4. 10.
11,4	2. 9.									
11,6	11. 9.									
12,2	19. 9.									
12,3	8. 9.									
12,6	25. 9.									
12,7	22. 9.	X	X							
12,7	16. 9.	X	X							
13,2	29. 9.	X	X							
13,6	4. 10.	X	X	X	X					
14,1	6. 10.	X	X	X	X	X	X	X		
14,7	9. 10.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	13. 10.	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabelle 11:

Gehalte an titrierbaren Säuren in g/l  
(ber. als Weinsäure)

Weinsäure (g/l)	Ernte-termin
5,9	11. 9.
6	4. 10.
6	9. 10.
6,1	25. 9.
6,2	16. 9.
6,4	22. 9.
6,4	9. 10.
6,5	29. 9.
6,5	19. 9.
6,7	8. 9.
6,8	6. 10.

Tabelle 12:

Redox-Potenzial (rH-Wert)

rH-Wert	Ernte-termin	4. 10.	29. 9.	25. 9.	6. 10.	16. 9.
17,2	4. 10.					
17,9	29. 9.					
19,2	25. 9.					
19,4	6. 10.					
19,8	16. 9.					
20,1	9. 10.	X	X			
21,2	2. 9.	X				
21,6	22. 9.	X	X			
21,6	19. 9.	X	X			
21,8	11. 9.	X	X			
22	13. 10.	X	X			
23	8. 9.	X	X	X	X	X

Überträgt man nun die Hypothese des Zusammenreffens des niedrigen P-Wertes an der zweiten Minimumstelle der P-Wert-Kurve im Reifeverlauf auch auf die Ergebnisse der Zweiaist-Hecke, erkennt man, dass der niedrigste P-Wert am 4. Oktober gemessen wurde und damit die Geschmacksausbildung und, mit dieser verbunden, innere Umsetzungen und der Fruchteigen-

stress einsetzen. Um diese Korrelation verifizieren zu können, wären weitere spezifische Untersuchungen notwendig. Um den reifebedingten Verlauf der beiden Parameter zu verdeutlichen, wurde der P-Wert um  $10^{-3}$  verringert (Abb. 6). Der F/RS-Wert zeigt über den Reifeverlauf eine fallende Tendenz, wobei die Steigung im ersten Messbereich (2. September bis 16. Oktober) we-

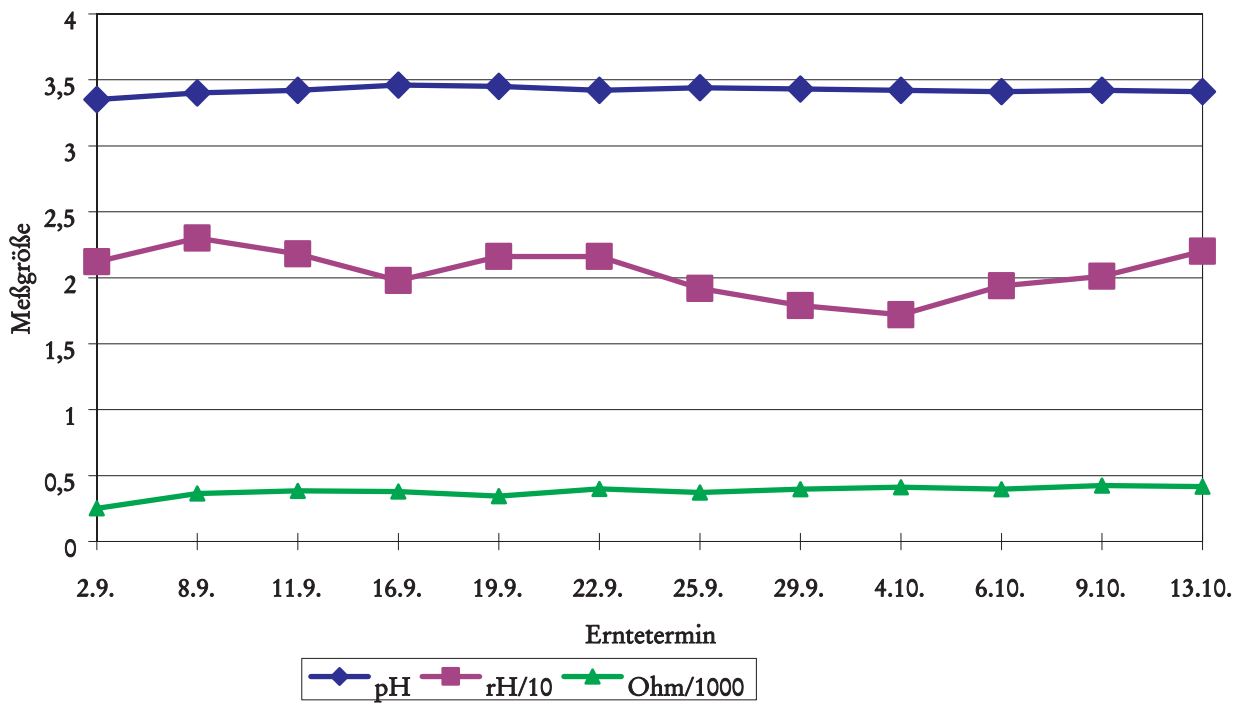


Abb. 5: Elektrochemische Parameter im Reifeverlauf 1997, 'Golden Delicious' (Zweiast-Hecke auf 'M7')

Tabelle 13:

Elektrische Leitfähigkeit (Ohm)

Homogenitätstest

Gruppe 1= 19. 9., 25. 9.; Gruppe 2 = 25. 9., 16. 9., 11. 9., 6. 9.; Gruppe 3 = 16. 9., 11. 9., 6. 9., 29. 9., 22. 9.

Gruppe 4 = 11. 9., 6. 9., 29. 9., 22. 9., 4. 10.; Gruppe 5 = 6. 9., 29. 9., 22. 9., 4. 10., 13. 10., 9. 10.

Ohm	Ernte-termin	19. 9.	25. 9.	16. 9.	11. 9.
253	2. 9.*				
344	19. 9.				
364	8. 9.	X			
371	25. 9.	X			
379	16. 9.	X			
385	11. 9.	X			
397	6. 10.	X			
398	29. 9.	X	X		
400	22. 9.	X	X		
412	4. 10.	X	X	X	
416	13. 10.	X	X	X	X
423	9. 10.	X	X	X	X

Anmerkung:

Der mit \* versehene Erntetermin des 2. September 1997 ist wegen der Ausreißerfunktion der Messwerte bei der Normalverteilungsprüfung von der statistischen Verrechnung ausgeschieden worden. Der Mittelwert wird hier nur der Vollständigkeit halber angeschrieben und wurde nicht mitverrechnet!

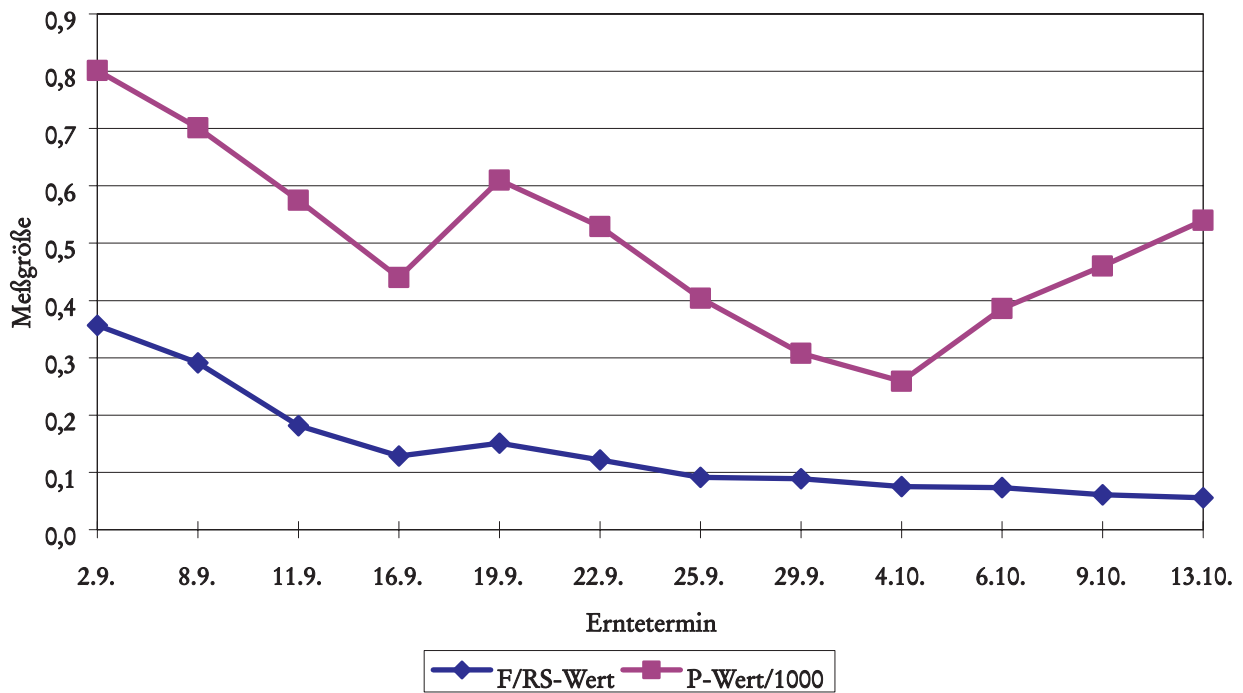


Abb. 6: F/RS-Wert versus P-Wert/1000 bei 'Golden Delicious' (Zweiast-Hecke auf 'M7') im Jahr 1997

Tabelle 14:  
P-Wert (Mikrowatt)

P-Wert	Erntetermin	4. 10.	29. 9.	6. 10.	25. 9.	16. 9.	9. 10.	22. 9.	13. 10.
259	4. 10.								
308	29. 9.								
386	6. 10.								
404	25. 9.								
440	16. 9.								
460	9. 10.	X							
529	22. 9.	X	X						
540	13. 10.	X	X						
575	11. 9.	X	X						
610	19. 9.	X	X	X	X				
701	8. 9.	X	X	X	X	X	X		
801	2. 9.	X	X	X	X	X	X	X	X

sentlich steiler ist als im nachfolgenden Messbereich. Der P-Wert zeigt auch bei der Zweiast-Hecke die beiden charakteristischen Tiefstwerte. Wie bei der Spindel zeigen sich auch bei der Zweiast-

Hecke zwei starke Wertabsenkungen, und zwar am 16. September und am 4. Oktober 1997. Auffallend ist das Zusammentreffen der ersten Kurvenminima bei beiden Erziehungsformen am 16. September 1997. Bei den

zweiten Minima gibt es eine Zeitdifferenz zu vermerken (Spindel: 29. 9., Zweiast-Hecke: 4.10.), die mit den unterschiedlichen Unterlagen, Erziehungsformen und Standorten begründet werden kann.

## Diskussion

Die für die Spindelanlage in aufsteigender Reihenfolge angeführten Parameterwerte in den Signifikanztabellen und die nach den Ernteterminen geordneten Ergebnisse sind möglicherweise etwas verwirrend. Ein Blick auf die entsprechenden Abbildungen macht jedoch deutlich, dass der F/RS-Wert, die Fruchtfleischfestigkeit und der Gehalt an titrierbaren Säuren mit zunehmender Reife sinkende Tendenz, der Wert für gelöste Trockensubstanz (°Brix) und der Stärkewert hingegen steigende Tendenz aufweisen. Der Kurvenverlauf des P-Wertes weist zwei charakteristische Minima auf. Nach dem zweiten Tiefstwert beginnt ein Stresszustand der Früchte, welcher auf das Einsetzen von Abbauprozessen und die beginnende Geschmacksausbildung innerhalb der Frucht hinweisen kann. Ein Vergleich der P-Werte zwischen der Spindel und der Zweiast-Hecke im identen Beobachtungsbereich vom 11. September bis zum 9. Oktober 1997 weist für die Zweiast-Hecke etwas höhere P-Werte auf als für die Spindel. Der P-Wert zeigt hier für die Reifephase nach dem zweiten

P-Wert-Minimum einen steileren Kurvenverlauf als bei der Spindel, was hypothetisch auf raschere innere Umsetzungsprozesse bzw. Geschmacksausbildung hinweist.

## Literatur

- KEPPEL, H. 1996a Unterscheidung von mittels verschiedener Hefen produzierter Weine mittels einem elektrochemischen Test (P-Wert). Mitt. Klosterneuburg 46: 90.
- KEPPEL, H. 1996b: Die Verwendung des P-Wertes zur Sortenunterscheidung beim Apfel. Mitt. Klosterneuburg 46: 91-92
- KEPPEL, H. 1996c Unterscheidbarkeit zwischen verschorften und konventionell produzierten schorffreien Äpfeln mittels des P-Wertes. Mitt. Klosterneuburg 46: 93.
- KEPPEL, H. 1998 Messbarkeit der biologischen Qualität von Äpfeln mittels P-Wert in Abhängigkeit verschiedener Düngemittel. Obstbau Weinbau 35: 259-261
- KEPPEL, H. (unveröff.): Abhängigkeit elektrochemischer Parameter bei Äpfeln von der Fruchtlokalisation am Baum; unveröffentlicht
- LAFER, G. 1998 Optimaler Erntetermin - optimale Ergebnisse. Bess. Obst 43(9): 15-20
- STREIF, J. 1989: Erfahrungen mit Ernteterminuntersuchungen bei Äpfeln. Bess. Obst 34: 235-238
- STREIF, J. 1991: zitiert in Meier-Ploeger, A. und Vogtmann, H. (Hrsg.). Lebensmittelqualität : Ganzheitliche Methoden und Konzepte, S. 67. 2. Auflage. / Stiftung Ökologie und Landbau. - Karlsruhe: Müller, 1991

Manuskript eingelangt am 20. November 1998